

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Shinichi TAKEDA, et al.

Serial No.: Unassigned

Group Art Unit: Unassigned

Filed: March 12, 2001

Examiner: Unassigned

For: METHOD AND DEVICE FOR WAVEFORM SHAPING OF SIGNAL LIGHT

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231*

*Sir:*

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-201984, filed: July 4, 2000.

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: March 12, 2001

By: \_\_\_\_\_

James D. Halsey, Jr.  
Registration No. 22,729

700 Eleventh Street, N.W., Suite 500  
Washington, D.C. 20001  
(202) 434-1500



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC997 U.S. PTO  
09/803978  
03/13/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-201984

出 願 人

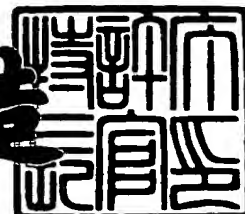
Applicant (s):

富士通株式会社

2000年12月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3104973

【書類名】 特許願

【整理番号】 9952024

【提出日】 平成12年 7月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 01/00

【発明の名称】 信号光を波形整形するための方法及び装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 武田 鎮一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 渡辺 茂樹

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075384

【弁理士】

【氏名又は名称】 松本 昂

【電話番号】 03-3582-7477

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001764

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】            要約書    1

【包括委任状番号】    9704374

【プルーフの要否】    要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 信号光を波形整形するための方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、

上記出力信号光の品質を測定するステップと、

上記測定された品質が良くなるように上記入力信号光のパワーを制御するステップとを備えた方法。

【請求項 2】 入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形再生器と、

上記出力信号光の品質を測定する品質測定器と、

上記測定された品質が良くなるように上記入力信号光のパワーを制御するパワー制御器とを備えた装置。

【請求項 3】 可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、

上記出力信号光の品質を測定するステップと、

上記測定された品質が良くなるように上記しきい値を制御するステップとを備えた方法。

【請求項 4】 可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器と、

上記出力信号光の品質を測定する品質測定器と、

上記測定された品質が良くなるように上記しきい値を制御するコントローラとを備えた装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号光を波形整形するための方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光レベルで波形整形を行う従来の波形整形器として、マッハツェンダ干渉計 (MZ I) 型光ゲートがある。この光ゲートは、位相シフトを与えるための第 1 及び第 2 の非線形光学媒質を含むマッハツェンダ干渉計を例えば光導波路基板上に集積化して構成される。連続波 (CW) 光としてのプローブ光が等分配されて第 1 及び第 2 の非線形光学媒質に供給される。このとき、等分配されたプローブ光の干渉により出力光が得られないように干渉計の光路長が設定されている。

## 【 0 0 0 3 】

第 1 及び第 2 の非線形光学媒質の一方には更に光信号が供給される。光信号及びプローブ光のパワーを適切に設定することによって、光信号に同期する変換光信号がこの光ゲートから出力される。変換光信号はプローブ光と同じ波長を有している。

## 【 0 0 0 4 】

第 1 及び第 2 の非線形光学媒質の各々として半導体光アンプ (SOA) を用いることが提案されている。例えば、波長  $1.5 \mu\text{m}$  帯において、両端面を無反射化処理した InGaAs-SOA を各非線形光学媒質として用い、これらを InP/GaInAsP 基板上に集積化したものが作製されている。

## 【 0 0 0 5 】

従来知られている他の波形整形装置として、非線形光ループミラー (NOLM) がある。NOLM は、方向性結合される第 1 及び第 2 の光路を含む第 1 の光カプラと、第 1 及び第 2 の光路を接続するループ光路と、ループ光路に方向性結合される第 3 の光路を含む第 2 の光カプラとを備えている。

## 【 0 0 0 6 】

ループ光路の一部または全体を非線形光学媒質から構成するとともに、第 1 及び第 3 の光路にそれぞれプローブ光及び光信号を供給することによって、変換光信号が第 2 の光路から出力される。

## 【 0 0 0 7 】

NOLM における非線形光学媒質としては光ファイバが一般的である。特に、非線形光学媒質として SOA を用いた NOLM は SLALOM (Semiconductor Laser Amplifier in a Loop Mirror) と称される。

## 【 0 0 0 8 】

ところで、近年実用化されている光ファイバ通信システムにおいては、伝送路損失や分岐損失等による信号パワーの低下を、エルビウムドープファイバ増幅器（E D F A）等の光増幅器を用いて補償している。光増幅器はアナログ増幅器であり、信号を線形増幅するものである。この種の光増幅器においては、増幅に伴って発生する自然放出光（A S E）雑音の付加により信号対雑音比（S / N比）が低下するので、中継数については伝送距離に限界が生じる。また、光ファイバの持つ波長分散やファイバ内の非線形光学効果による波形劣化も伝送限界を与える要因である。こうした限界を打破するためには、信号をデジタル的に処理する再生中継器が必要であり、その実現が望まれている。特に、全ての処理を光レベルにおいて行う全光再生中継器は、信号のビットレートやパルス形状等に依存しないトランスパアレントな動作を実現する上で重要である。

## 【 0 0 0 9 】

全光再生中継器に必要な機能は、振幅再生又はリアンプリフィケーション（R e a m p l i f i c a t i o n）と、波形整形又はリシェイピング（R e s h a p i n g）と、タイミング再生又はリタイミング（R e t i m i n g）とである。これらの機能は3 R機能と称され、特に前二者は2 R機能と称される。

## 【 0 0 1 0 】

波形整形器と光増幅器を組み合わせることにより、あるいは光増幅機能を有する波形整形器を用いることにより、2 R機能を提供することができる。また、それに加えてクロック再生器を並行して用いることにより3 R機能を提供することができる。

## 【 0 0 1 1 】

## 【発明が解決しようとする課題】

光－電気変換器、識別回路及び電気－光変換器を組み合わせることにより、電気領域で波形整形を行う再生中継器を提供することができる。この種の再生中継器においては、識別回路の参照電圧の設定を変更することによって、しきい値を変えることができる。

## 【 0 0 1 2 】

しかし、全光再生中継器にあっては、しきい値を変えることが容易ではない。例えば、前述したNOLMにおいては、伝達関数はファイバの長さとは非線形係数に応じて決定されるので、非線形媒質としての光ファイバが与えられると、入出力特性におけるしきい値は一義的に決定され、これを変えることはできない。従って、そのしきい値が供給された信号光に対して最適なしきい値とは限らず、再生動作が不完全になる可能性がある。

【0013】

よって、本発明の目的は、実質的に最適なしきい値を得ることができ良好な再生動作が可能な波形整形のための方法及び装置を提供することである。本発明の他の目的は以下の説明から明らかになる。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面によると、入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、出力信号光の品質を測定するステップと、測定された品質が良くなるように入力信号光のパワーを制御するステップとを備えた方法が提供される。

【0015】

この方法においては、波形整形器に供給される入力信号光のパワーは、測定された出力信号光の品質（例えば、対応するQ値やビットエラーレート）が良くなるように制御される。従って、波形整形器において入力信号光に対して実質的に最適なしきい値を得ることができ、良好な再生動作が可能になる。

【0016】

本発明の第2の側面によると、入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形再生器と、出力信号光の品質を測定する品質測定器と、測定された品質が良くなるように入力信号光のパワーを制御するパワー制御器とを備えた装置が提供される。

【0017】

本発明の第3の側面によると、可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップ



と、出力信号光の品質を測定するステップと、測定された品質が良くなるようにしきい値を制御するステップとを備えた方法が提供される。

【0018】

本発明の第4の側面によると、可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器と、出力信号光の品質を測定する品質測定器と、測定された品質が良くなるようにしきい値を制御するコントローラとを備えた装置が提供される。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の望ましい実施形態を詳細に説明する。全図を通して実質的に同一又は類似の部分には同一の符号が付されている。

【0020】

図1は本発明を適用可能なシステムのブロック図である。光送信機(TX)2と光受信機(RX)4との間に光ファイバ伝送路6が敷設されており、光ファイバ伝送路6に沿って各々光ファイバ増幅器等を用いて構成される複数の線形増幅器8が設けられている。

【0021】

この種の線形増幅中継システムにおいては、線形増幅器8が入力信号波形をほぼ線形に増幅するので、個々の線形増幅器8内で生じる自然放出光雑音や、光ファイバ伝送路6の分散及び／又は非線形効果によって生じる波形歪みは、伝送距離に応じて累積し、信号の品質が大きく劣化する。その結果、伝送距離が制限され、システム設計上の制限要因の一つとなっている。

【0022】

図2は本発明を適用可能な他のシステムのブロック図である。このシステムは、近い将来の商業的サービスが予定されている所謂フォトリックネットワークに対応している。第1のネットワーク10と第2のネットワーク12とが光クロスコネクタ装置OXCにより相互接続されており、第1のネットワークを他のネットワークと接続するために更なる光クロスコネクタ装置OXCが設けられている。また、第2のネットワーク12を加入者端末あるいはノードと接続するために

、複数のアッド・ドロップ・マルチプレクサ（ADM）が設けられている。

【 0 0 2 3 】

この種のフォトニックネットワークにおいては、光－電気変換及び電気－光変換を伴わずに光領域での信号の分岐及び挿入並びに波長変換等が行われる。その際の光パワーの損失を補うために、光信号は図示しない光増幅器によって増幅される。それに伴って、自然放出光雑音による光SNR（信号対雑音比）の劣化が問題となり、ネットワークの規模が制限される可能性がある。

【 0 0 2 4 】

これらの問題を解決するために、光信号の雑音を抑圧若しくは除去しあるいは波形整形を行う光再生器を採用して、信号品質を向上させることが望まれている。特に、光－電気変換及び電気－光変換を伴わない光再生器の提供が強く望まれている。

【 0 0 2 5 】

図3の（A）－（E）は光再生器あるいはその構成要素として使用可能な種々の光デバイスの特性を示す図である。

【 0 0 2 6 】

図3の（A）は現在広く用いられている光ファイバ増幅器の入出力特性を示しており、この場合線形増幅が行われることから、入力信号と出力信号はほぼ同じ波形であり、雑音の抑圧効果はない。

【 0 0 2 7 】

図3の（B）は理想的なデジタル型の光再生器の入出力特性を示している。この場合は、信号のスペースとマークレベルの雑音は一定値に制限されるので、雑音が完全に抑圧された波形を再生することができる。しかし、このように十分な特性を有する光再生器は実用化されておらず、現実的には、図4に示されるように電気領域で波形整形を行う再生器が用いられる。

【 0 0 2 8 】

図4は電気領域で波形整形を行う再生器のブロック図である。この再生器は、雑音を伴った入力信号光が供給される光－電気変換器（O/E）14と、光－電気変換器14の出力が供給される識別回路16と、識別回路16の出力が供給さ

れる電気-光変換器 (E/O) 18とを備えている。この再生器においては、扱うことのできる伝送速度は電気領域の速度で制限されるので、超高速信号に適用することは困難であり、光の高速性を生かすことができない。また、光-電気変換を伴うので装置規模が大きくなるだけでなく、多少の遅延が生じるので、再生器を中継器として何十段にも接続するような超長距離伝送システムでは、累積した遅延が無視することができない大きさになる恐れもある。

## 【0029】

図3の(C)は干渉型の光再生器の入出力特性を示している。入力及び出力間の伝達関数は正弦波状であり、図3の(A)に示される線形増幅器の特性と図3の(B)に示される理想的なデジタル型の光再生器の特性の中間的な特性が得られており、ある程度の雑音の抑圧が可能である。具体的には、後述する半導体光増幅器(SOA)のマッハツェンダ干渉型や非線形光ループミラー(NOLM)が挙げられる。

## 【0030】

図3の(D)はリミッタ型の光再生器の入出力特性を示している。この光再生器は、例えばSOAや分布帰還レーザダイオード(DFB-LD)の利得飽和特性を用いて提供することができる。この場合、信号のマークレベルのみが雑音圧縮される。

## 【0031】

図3の(E)は吸収型の光再生器の入出力特性を示している。この光再生器は、例えばSOAや電界吸収型(EA)光変調器によって提供され得る。

## 【0032】

図5及び図6はそれぞれ本発明の実施に使用することができる光再生器のブロック図である。図5は基板20上に形成されたマッハツェンダ干渉計型の分岐光導波路に2つのSOA22及び24を設けて構成される干渉型の光再生器を示しており、図6はNOLMからなる光再生器の例を示している。いずれの光再生器も同様の動作原理に基づいているので、図6のNOLMを用いてその動作を詳細に説明する。

## 【0033】

このNOLMは、方向性結合される第1及び第2の光路32及び34を含む第1の光カプラ36と、第1及び第2の光路32及び34を接続するループ光路38と、ループ光路38に方向性結合される第3の光路40を含む第2の光カプラ42とを備えている。

## 【0034】

ループ光路38の一部または全部は非線形光学媒質によって提供されている。第1の光カプラ36のカップリング比は実質的に1:1に設定される。

## 【0035】

このNOLMの動作を説明すると、波長 $\lambda_{probe}$ を有するプローブ光が光カプラ36の第1の光路32に inputs され、波長 $\lambda_{sig}$ を有する信号光が光カプラ42の第3の光路40に inputs されたときに、波長 $\lambda_{probe}$ を有する変換光が光カプラ36の第2の光路34から出力されるというものである。プローブ光は連続波(CW)光或いは光パルスであり得る。

## 【0036】

プローブ光は、光カプラ36によりパワーが等しい2成分に分けられ、これら2成分は、ループ光路38をそれぞれ時計回り及び反時計回りに厳密に同一光路長で伝搬し、非線形光学媒質により共に等しい位相シフト $\phi$ を受けた後、光カプラ36により合成される。光カプラ36における合成に際して、2成分のパワーは等しく位相も一致しているので、合成により得られた光はあたかもミラーにより反射されるがごとく第1の光路32から出力され、第2の光路34からは出力されない。

## 【0037】

ループ光路38の途中から光カプラ42により信号光が inputs されると、この信号光はループ光路38の一方向(図では時計回り)にだけ伝搬し、この方向に伝搬する光に対しては、オンパルスが通るときだけ非線形光学媒質の非線形屈折率に変化する。従って、プローブ光の2成分が光カプラ36で合成されるに際して、信号光のオフパルスと同期した部分のプローブ光の2成分の位相は一致するが、信号光のオンパルスと同期した部分のプローブ光の2成分の位相は異なる。その位相差を $\Delta\phi$ とすると、光カプラ36の第2の光路34には $\{1 - \cos(\Delta$

$\phi) \} / 2$  に比例する出力が得られる。

#### 【 0 0 3 8 】

今、位相差が  $\pi$  になるように入力光信号のパワーを設定すれば、オンパルス  
のときに合成された 2 成分が第 2 の光路 3 4 だけから出力されるようなスイッチ動  
作が可能になる。このようにして、波長  $\lambda_{sig}$  の信号光から波長  $\lambda_{probe}$   
の変換光への変換が行なわれる。即ち、信号光のデータに関して波長変換が行な  
われていることになる。

#### 【 0 0 3 9 】

非線形光学効果として光カー効果（光信号とプローブ光による相互位相変調（  
XPM））を用いるとすると、位相シフト  $\Delta\phi$  は  $\gamma PL$  に比例する。ここに  $\gamma$  は  
非線形光学媒質の非線形係数、 $P$  は非線形光学媒質内における光パワー、 $L$  は非  
線形光学媒質における光カー効果の相互作用長である。

#### 【 0 0 4 0 】

NOLM における非線形光学媒質として最も一般的なのは光ファイバである。  
分散シフトファイバ（DSF）が主に用いられており、その長さは通常数 km で  
ある。一方、非線形光学媒質として SOA（半導体光増幅器）を用いたものも提  
案されている（SLALOM）。

#### 【 0 0 4 1 】

光通信システムにおける光信号処理に適用可能な非線形光学効果としては、主  
に、2 次非線形光学媒質中の三光波混合あるいは、3 次非線形光学媒質中の自己  
位相変調（SPM）、相互位相変調（XPM）及び四光波混合（FWM）等の光  
カー効果が考えられる。2 次非線形光学媒質としては、InGaAs 及び LiNbO<sub>3</sub>  
等がある。3 次非線形光学媒質としては、半導体光アンプ（SOA）及び  
発振状態にある分布帰還レーザダイオード（DFB-LD）等の半導体媒質ある  
いは光ファイバが考えられる。

#### 【 0 0 4 2 】

本発明では、特に光ファイバ内の光カー効果を用いることができる。光ファイ  
バとしては単一モードファイバが適しており、特に波長分散が比較的小さい分散  
シフトファイバ（DSF）が望ましい。

## 【 0 0 4 3 】

図 7 の ( B ) は、図 7 の ( A ) に示されるような入出力特性を有するデジタル型の光再生器における入出力パワーの確率密度関数 ( P D F ) を示している。雑音光の電界の大きさはガウス分布で近似されている。デジタル型の光再生器では、しきい値  $P_{th}$  よりも小さい入力信号はスペースと判断され、大きい信号はマークと判断される。従って、出力パワーの確率密度関数では、入力に比べて雑音が抑圧されるので、分散が小さな確率密度になっている。しかし、もししきい値  $P_{th}$  が適切な値でなければ、入力ではスペースであったものが雑音で偏差したために出力ではマークとして誤判定されたり、逆にマークがスペースとして誤判定される場合が考えられる。この場合、符号誤り率が増えて信号品質が劣化するので、しきい値  $P_{th}$  は入力信号に対して適切に設定されることが重要である。

## 【 0 0 4 4 】

図 8 の ( B ) は、図 8 の ( A ) に示されるような入出力特性を有するリミッタ型の光再生器における入出力パワーの確率密度関数 ( P D F ) を示している。雑音光の電界の大きさはガウス分布で近似されている。リミッタ型の光再生器では、しきい値  $P_{th}$  よりも大きなマークのみの雑音が抑圧されるので、マークの確率密度関数の分散は小さくなる。一方、スペースの雑音は抑圧されないので、マークの平均レベルが減少するのに伴ってむしろ相対的に分散は大きくなってしまいが、スペースの分散の増加よりもマークの分散の減少が上回るので、全体として出力信号の Q 値を改善することができる。しかし、もししきい値  $P_{th}$  が適切な値でなければ、スペースの分散の増加よりもマークの分散の減少が下回り、出力信号の Q 値は入力よりも小さくなることも予想されるので、しきい値  $P_{th}$  は入力信号に対して適切に設定されることが重要である。

## 【 0 0 4 5 】

図 4 に示されるように電気領域で識別を行う再生器においては、識別回路における参照電圧の設定を変えることにより容易にしきい値を変えることができるが、光再生器においては、しきい値を変えることが容易ではない。そこで、本発明では、例えば入力信号光のパワーを調節することによって実質的にしきい値を変え、前述の問題に対処するようにしている。より特定的には次のとおりである。

## 【 0 0 4 6 】

図 9 は本発明による装置の第 1 実施形態を示すブロック図である。入力信号光は、光増幅器 4 4 により増幅された後に光再生器 4 6 に供給される。光再生器 4 6 は、供給された入力光信号を波形整形して、出力信号光を出力する。光再生器 4 6 として、前述した種々の構成例を用いることができる。出力信号光の品質を測定するために、Q 値モニタ 4 8 が設けられている。Q 値モニタ 4 8 は、分岐された出力信号光の一部を受け、それに基づいて得られる電気信号の Q 値を測定する。Q 値モニタ 4 8 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、Q 値モニタ 4 8 により測定された Q 値が最も良くなるように、光増幅器 4 4 の利得により入力信号光のパワーを制御する。

## 【 0 0 4 7 】

この構成によると、入力信号光のパワーを変えることによって光再生器 4 6 のしきい値を変えるのと同じ効果が得られる。従って、出力信号光の品質（具体的には Q 値）が良くなるように入力信号光のパワーを制御することによって、良好な再生動作が可能になる。

## 【 0 0 4 8 】

図 1 0 は本発明による装置の第 2 実施形態を示すブロック図である。ここでは、光再生器 4 6 から出力された出力信号光の品質を測定するために、BER（ビットエラーレート）モニタ 5 2 が用いられている。BER モニタ 5 2 は、分岐された出力信号光の一部を受け、それに基づいて得られる電気信号のビットエラーレート（符号誤り率）を測定する。BER モニタ 5 2 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、BER モニタ 5 2 により測定されたビットエラーレートが最も小さくなるように、光増幅器 4 4 の利得により入力信号光のパワーを制御する。

## 【 0 0 4 9 】

この構成によると、入力信号光のパワーを変えることによって光再生器 4 6 のしきい値を変えるのと同じ効果が得られる。従って、出力信号光の品質（具体的にはビットエラーレート）が良くなるように入力信号光のパワーを制御することによって、良好な再生動作が可能になる。

## 【 0 0 5 0 】

図 1 1 は本発明による装置の第 3 実施形態を示すブロック図である。ここでは、光再生器 4 6 から出力された出力信号光の品質を測定するために、スペクトルモニタ 5 4 が用いられている。スペクトルモニタ 5 4 は、分岐された出力信号光の一部を受け、そのスペクトルを得て例えば S N R（信号対雑音比）を測定する。スペクトルモニタ 5 4 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、スペクトルモニタ 5 4 により測定された S N R が最も良くなるように、光増幅器 4 4 の利得により入力信号光のパワーを制御する。

## 【 0 0 5 1 】

この構成によると、入力信号光のパワーを変えることによって光再生器 4 6 のしきい値を変えるのと同じ効果が得られる。従って、出力信号光の品質（具体的には S N R）が良くなるように入力信号光のパワーを制御することによって、良好な再生動作が可能になる。

## 【 0 0 5 2 】

スペクトルモニタ 5 4 としては、スペクトルアナライザを用いることができる。この場合、信号レベルと雑音レベルとを比較することにより容易に S N R を測定することができる。

## 【 0 0 5 3 】

図 1 2 は本発明による装置の第 4 実施形態を示すブロック図である。ここでは、光再生器 4 6 から出力された出力信号光の品質を測定するために、アイ開口モニタ 5 6 が用いられている。アイ開口モニタ 5 6 としては、サンプリングオシロスコープ等におけるアイダイアグラムを観測する機能を用いることができる。アイ開口モニタ 5 6 は、分岐された出力信号光の一部を受け、それに基づいて得られる電気信号波形のアイ開口を測定する。アイ開口モニタ 5 6 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、アイ開口モニタ 5 6 により測定されたアイ開口が最大になるように、光増幅器 4 4 の利得により入力信号光のパワーを制御する。

## 【 0 0 5 4 】

この構成によると、入力信号光のパワーを変えることによって光再生器 4 6 の



しきい値を変えるのと同じ効果が得られる。従って、出力信号光の品質（具体的にはアイ開口）が良くなるように入力信号光のパワーを制御することによって、良好な再生動作が可能になる。

#### 【 0 0 5 5 】

図 1 3 は本発明による装置の第 5 実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図 9 に示される実施形態と対比して、光増幅器 4 4 と光再生器 4 6 との間に光減衰器（A T T） 5 8 が付加的に設けられている点で特徴付けられる。

#### 【 0 0 5 6 】

この構成によると、光減衰器 5 8 における減衰により入力信号光のパワーを変えることによって、光再生器 4 6 のしきい値を変えるのと同じ効果が得られる。従って、出力信号光の品質（具体的には Q 値）が最大になるように入力信号光のパワーを制御することによって、良好な再生動作が可能になる。

#### 【 0 0 5 7 】

この実施形態では、出力信号光の品質として Q 値を用いているが、前述した種々の実施形態におけるのと同様にして、B E R， S N R あるいはアイ開口に基づいた制御を行うようにしても良い。

#### 【 0 0 5 8 】

図 1 4 は本発明による装置の第 6 実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、光再生器 4 6 が可変のしきい値を有している点で特徴付けられる。入力信号光は直接光再生器 4 6 に供給される。光再生器 4 6 は、供給された入力光信号を波形整形して、出力信号光を出力する。出力信号光の品質を測定するために、Q 値モニタ 4 8 が設けられている。Q 値モニタ 4 8 は、分岐された出力信号光の一部を受け、それに基づいて得られる電気信号の Q 値を測定する。Q 値モニタ 4 8 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、Q 値モニタ 4 8 により測定された Q 値が最も良くなるように、光再生器 4 6 におけるしきい値を制御する。

#### 【 0 0 5 9 】

S O A やレーザを用いた光再生器が提案されており、その注入電流を変化させることによって、入出力特性における飽和値及びしきい値が図 1 5 に示されるよ

うに変化し、それに応じて雑音抑圧・波形整形特性も変化する。従って、図 1 4 に示される実施形態におけるように、コントローラ 5 0 が注入電流により光再生器 4 6 のしきい値を変化させることによって、最適なしきい値を設定することができる。

## 【 0 0 6 0 】

この実施形態では、出力信号光の品質として Q 値を用いているが、前述した種々の実施形態におけるのと同様に、BER, SNR あるいはアイ開口に基づいた制御を行うようにしても良い。

## 【 0 0 6 1 】

図 1 6 は本発明による装置の第 7 実施形態を示すブロック図である。ここでは、供給されるアシスト光のパワーに応じてしきい値が変化する DFB-LD 6 0 が光再生器として用いられている。入力信号光はアシスト光源としてのレーザダイオード (LD) から出力されたアシスト光と共に DFB-LD 6 0 に供給される。DFB-LD 6 0 から出力された出力信号光は、バンドパスフィルタ (BPF) を通って出力される。

## 【 0 0 6 2 】

出力信号光の品質を測定するために、Q 値モニタ 4 8 が設けられている。Q 値モニタ 4 8 は、分岐された出力信号光の一部を受け、それに基づいて得られる電気信号の Q 値を測定する。Q 値モニタ 4 8 の出力はコントローラ 5 0 に供給される。コントローラ 5 0 は、Q 値モニタ 4 8 により測定された Q 値が最も良くなるように、LD 6 2 の駆動電流等によりアシスト光のパワーを制御する。

## 【 0 0 6 3 】

DFB-LD の利得飽和を用いたリミッタ型の光再生器が提案されており、連続波光 (CW 光) であるアシスト光のパワーを変化させることによって、入出力特性における飽和値及びしきい値が図 1 5 に示されるように変化し、それに応じて雑音抑圧・波形整形特性も変化する。従って、図 1 6 に示される実施形態におけるように、コントローラ 5 0 がアシスト光のパワーにより光再生器としての DFB-LD 6 0 のしきい値を変化させることによって、最適なしきい値を設定することができる。

## 【 0 0 6 4 】

この実施形態では、出力信号光の品質としてQ値を用いているが、前述した種々の実施形態におけるのと同様にして、BER，SNRあるいはアイ開口に基づいた制御を行うようにしても良い。

## 【 0 0 6 5 】

図17は本発明による装置の第8実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図16に示される実施形態と対比して、LD62とDFB-LD60との間に光増幅器66が付加的に設けられている点で特徴付けられる。LD62から出力されたアシスト光は光増幅器66により増幅された後にDFB-LD60に供給される。従って、コントローラ50が光増幅器66の利得を制御することによって、DFB-LD60に供給されるアシスト光のパワーを制御することができ、それにより最適なしきい値を設定することができる。

## 【 0 0 6 6 】

図18は本発明による装置の第9実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図16に示される実施形態と対比して、LD62とDFB-LD60との間に光減衰器68が付加的に設けられている点で特徴付けられる。LD62から出力されたアシスト光は光減衰器68により減衰された後にDFB-LD60に供給される。従って、コントローラ50が光減衰器68の減衰を制御することによって、DFB-LD60に供給されるアシスト光のパワーを制御することができ、それにより最適なしきい値を設定することができる。

## 【 0 0 6 7 】

図19は本発明による装置の第10実施形態を示すブロック図である。図9に示される実施形態では、本発明による装置が光中継器等の1つのユニット内に提供されているのに対比して、この実施形態では、本発明による装置が2箇所に分けて提供されている。即ち、光増幅器44及び光再生器46は光中継器のユニット70内に設けられ、Q値モニタ48及びコントローラ50は受信端局72内に設けられている。受信端局72は、光再生器46からの出力信号光を電気信号に変換するための光-電気変換器74を含む。この実施形態によると、受信端局72における信号光の品質に基づいて光中継器70を遠隔制御することによって、

光再生器 4 6 における再生動作を最適に制御することができる。

【 0 0 6 8 】

この実施形態では、出力信号光の品質として Q 値を用いているが、前述した種々の実施形態におけるのと同様にして、BER, SNR あるいはアイ開口に基づいた制御を行うようにしても良い。また、コントローラ 5 0 は受信端局 7 2 内に設けられているが、光中継器 7 0 内に設けて Q 値モニタ 4 8 の出力を受信端局 7 2 から光中継器 7 0 に伝送するようにしても良い。

【 0 0 6 9 】

以上の説明に関連して、以下の項を開示する。

(付記 1) 入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、

上記出力信号光の品質を測定するステップと、

上記測定された品質が良くなるように上記入力信号光のパワーを制御するステップとを備えた方法。(1)

(付記 2) 付記 1 に記載の方法であって、

上記制御するステップは、上記入力信号光を増幅する光増幅器を提供するステップと、上記光増幅器の利得を調節するステップとを含む方法。

(付記 3) 付記 1 に記載の方法であって、

上記品質は上記出力信号光に基づいて得られる信号の Q 値である方法。

(付記 4) 付記 1 に記載の方法であって、

上記品質は上記出力信号光に基づいて得られる信号のビットエラーレートである方法。

(付記 5) 付記 1 に記載の方法であって、

上記品質は上記出力信号光のスペクトルの形状である方法。

(付記 6) 付記 1 に記載の方法であって、

上記品質は上記出力信号光に基づいて得られる信号のアイ開口である方法。

(付記 7) 入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形再生器と、

上記出力信号光の品質を測定する品質測定器と、

上記測定された品質が良くなるように上記入力信号光のパワーを制御するパワ

一制御器とを備えた装置。(2)

(付記 8) 付記 7 に記載の装置であって、

上記パワー制御器は、上記入力信号光を増幅する光増幅器と、上記品質が最も良くなるように上記光増幅器の利得を調節するコントローラとを含む装置。

(付記 9) 付記 7 に記載の装置であって、

上記パワー制御器は、上記入力信号光を増幅する光増幅器と、上記光増幅器の出力を減衰させる光減衰器と、上記品質が最も良くなるように上記光減衰器の減衰を調節するコントローラとを含む装置。

(付記 10) 可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、

上記出力信号光の品質を測定するステップと、

上記測定された品質が良くなるように上記しきい値を制御するステップとを備えた方法。(3)

(付記 11) 付記 10 に記載の方法であって、

上記波形整形器は半導体光増幅器を含み、

上記制御するステップは上記半導体光増幅器の注入電流を調節するステップを含む方法。

(付記 12) 付記 10 に記載の方法であって、

上記波形整形器は供給されるアシスト光のパワーに応じて上記しきい値が変化する分布帰還レーザダイオードを含み、

上記制御するステップは上記アシスト光のパワーを調節するステップを含む方法。

(付記 13) 可変なしきい値を有しこのしきい値に基づいて入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器と、

上記出力信号光の品質を測定する品質測定器と、

上記測定された品質が良くなるように上記しきい値を制御するコントローラとを備えた装置。(4)

(付記 14) 付記 13 に記載の装置であって、

上記波形整形器は半導体光増幅器を含み、

上記コントローラは上記半導体光増幅器の注入電流を調節する装置。

(付記 1 5) 付記 1 3 に記載の装置であって、

上記波形整形器は、供給されるアシスト光のパワーに応じて上記しきい値が変化する分布帰還レーザダイオードと、上記アシスト光を出力する光源とを含み、  
上記コントローラは上記アシスト光のパワーを調節する装置。

【 0 0 7 0 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、実質的に最適なしきい値を得ることができ良好な再生動作が可能な波形整形のための方法及び装置を提供することが可能になるという効果が生じる。本発明の特定の実施形態により得られる効果は以上説明したとおりであるのでその説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明を適用可能なシステムのブロック図である。

【図 2】

図 2 は本発明を適用可能な他のシステムのブロック図である。

【図 3】

図 3 の (A) － (E) は光再生器あるいはその構成要素として使用可能な種々の光デバイスの特性を示す図である。

【図 4】

図 4 は電気領域で波形整形を行う再生器のブロック図である。

【図 5】

図 5 は本発明の実施に使用することができる光再生器のブロック図である。

【図 6】

図 6 は本発明の実施に使用することができる他の光再生器のブロック図である。

【図 7】

図 7 の (B) は、図 7 の (A) に示されるような入出力特性を有するデジタル型の光再生器における入出力パワーの確率密度関数 (PDF) を示す図である。

【図 8】

図 8 の ( B ) は、図 8 の ( A ) に示されるような入出力特性を有するリミッタ型の光再生器における入出力パワーの確率密度関数 ( P D F ) を示す図である。

【図 9】

図 9 は本発明による装置の第 1 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 0】

図 1 0 は本発明による装置の第 2 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 1】

図 1 1 は本発明による装置の第 3 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 2】

図 1 2 は本発明による装置の第 4 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 3】

図 1 3 は本発明による装置の第 5 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 4】

図 1 4 は本発明による装置の第 6 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 5】

図 1 5 は光再生器の入出力特性におけるしきい値等が注入電流及びアシスト光パワーに応じて変化する様子を示すグラフである。

【図 1 6】

図 1 6 は本発明による装置の第 7 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 7】

図 1 7 は本発明による装置の第 8 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 8】

図 1 8 は本発明による装置の第 9 実施形態を示すブロック図である。

【図 1 9】

図 1 9 は本発明による装置の第 1 0 実施形態を示すブロック図である。

【符号の説明】

4 4 光増幅器

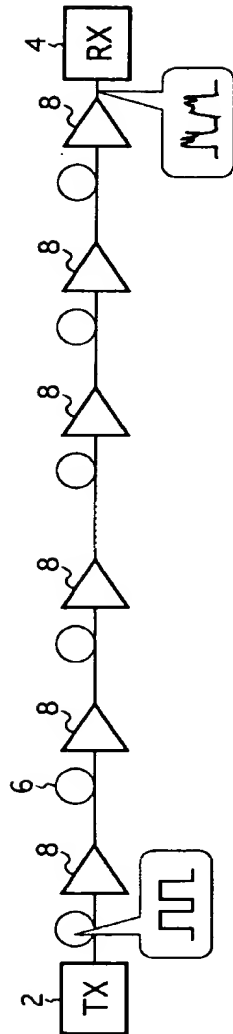
4 6 光再生器

5 0 コントローラ

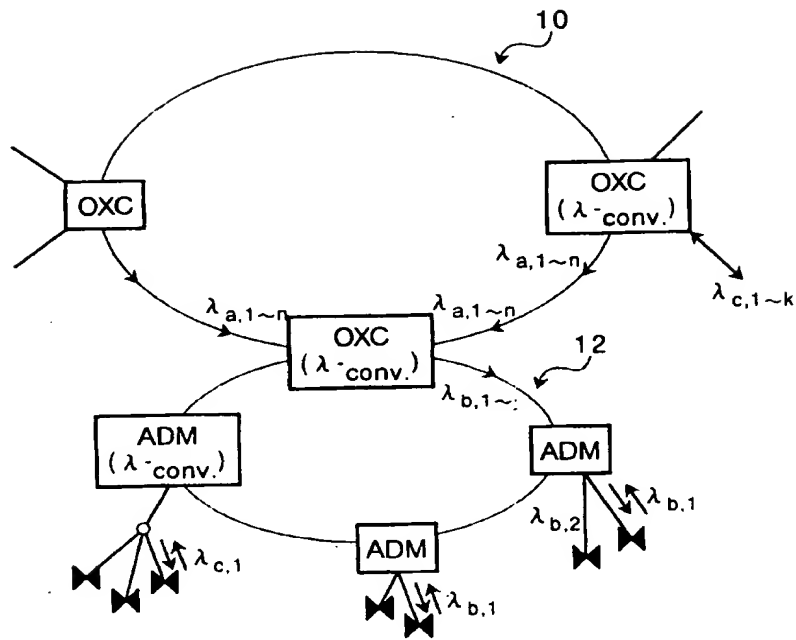


【書類名】 図面

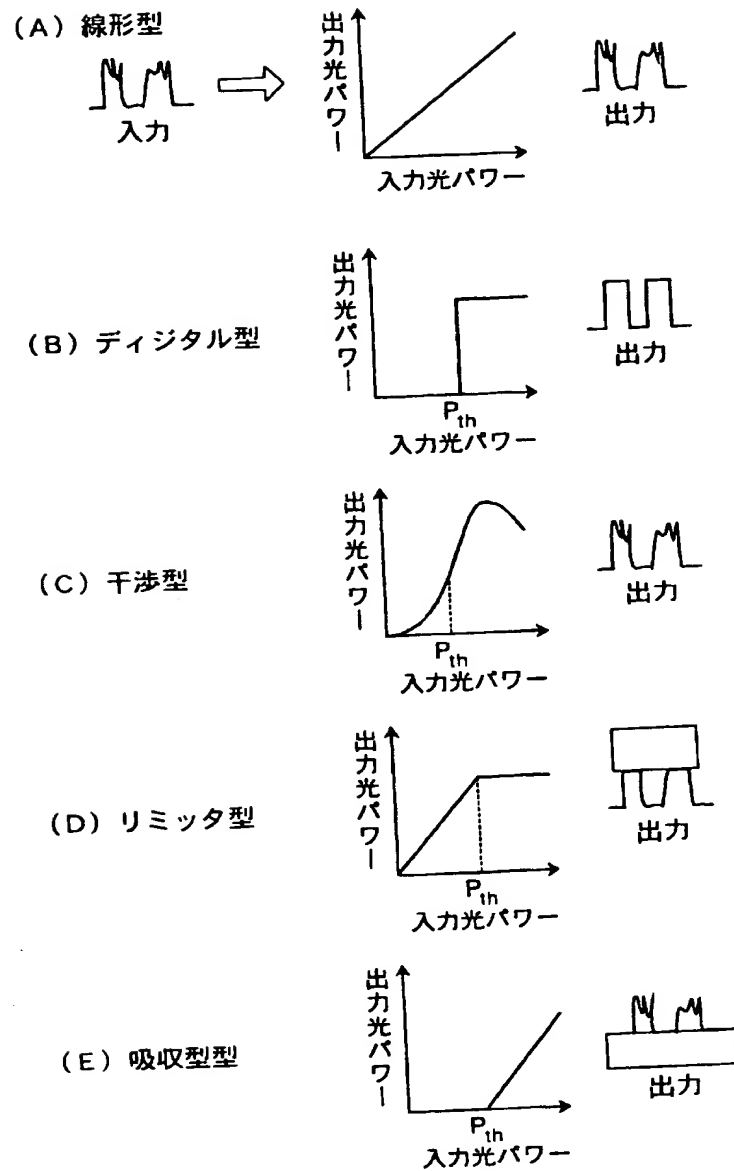
【図 1】



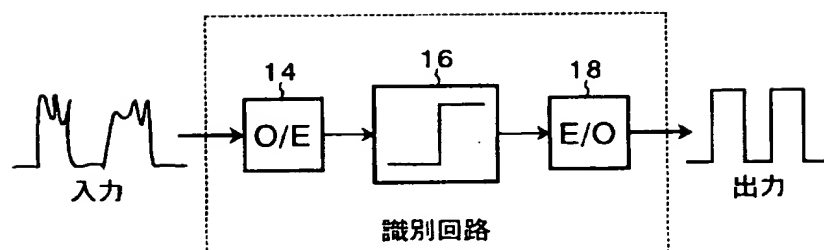
【図 2】



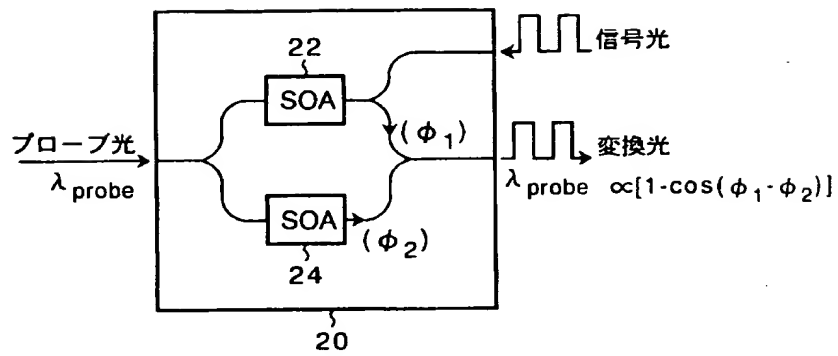
【図 3】



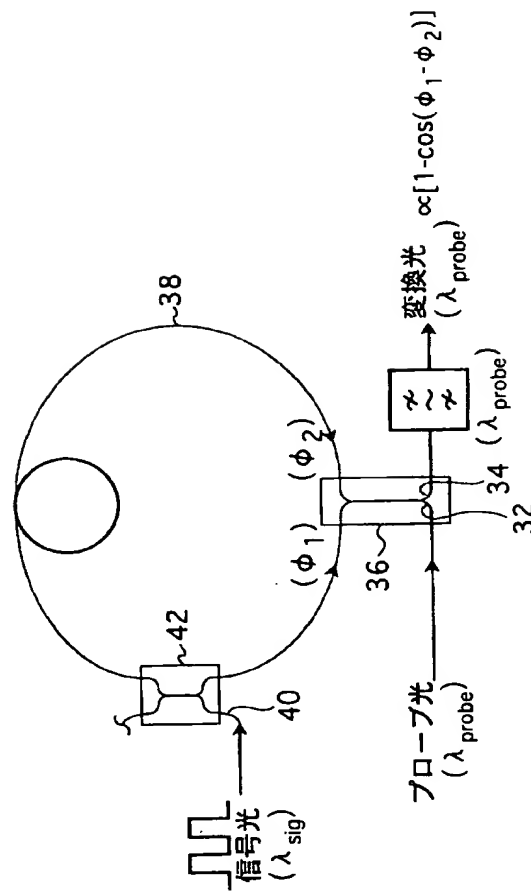
【図 4】



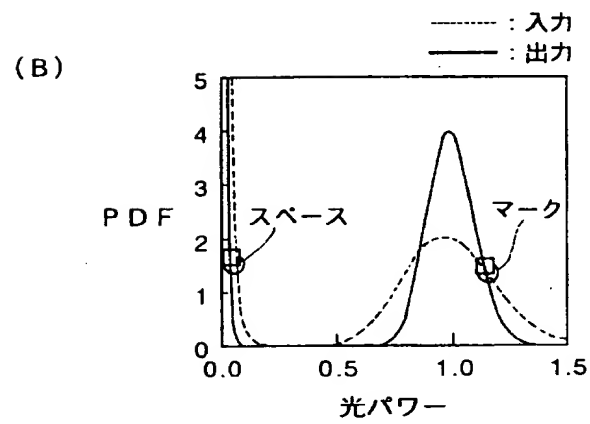
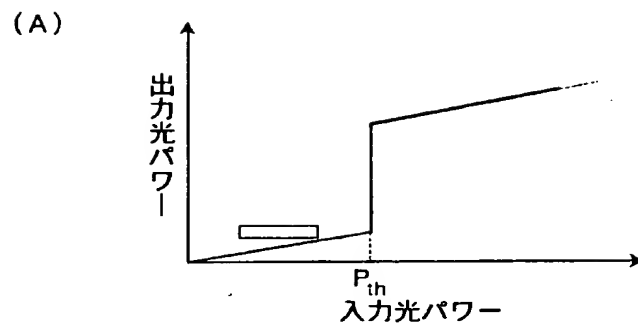
【図 5】



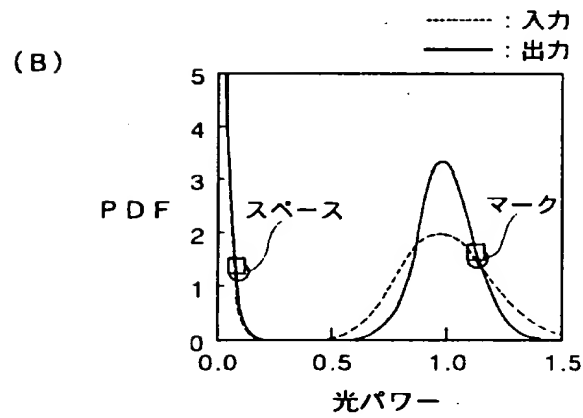
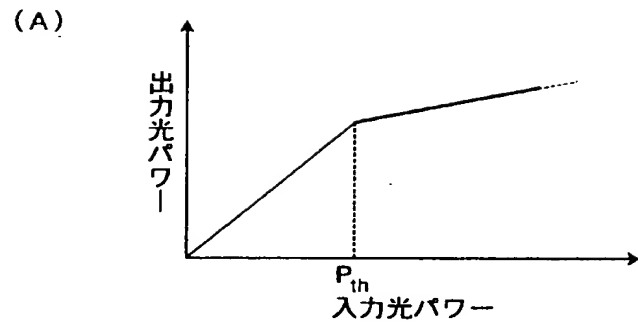
【図 6】



【図 7】

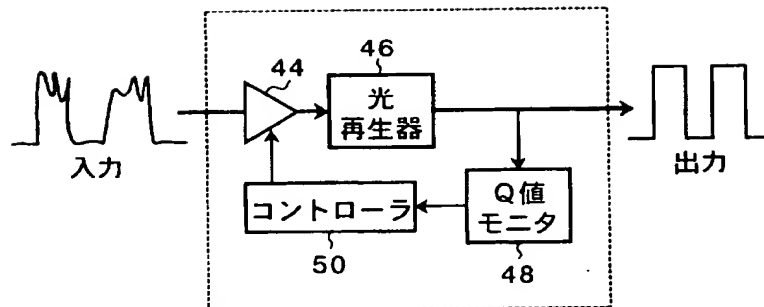


【図 8】

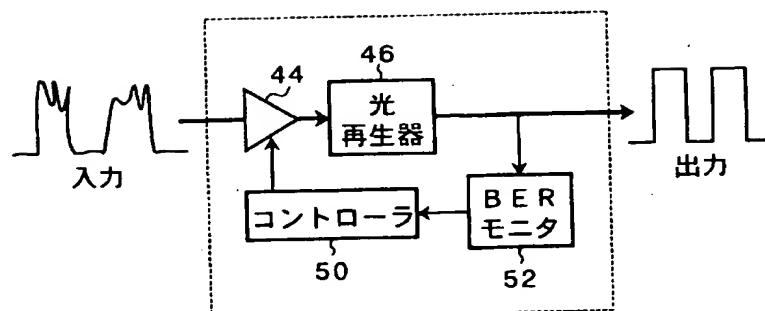




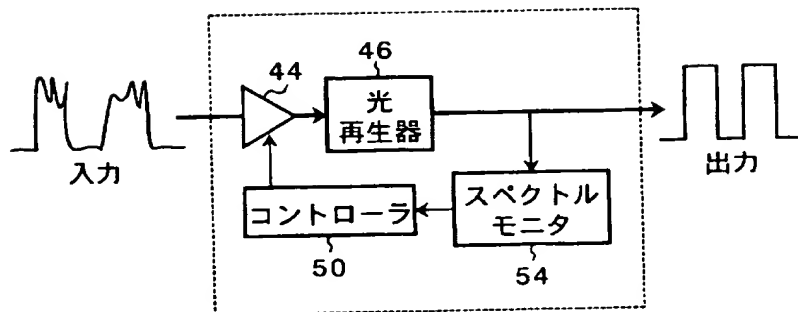
【図 9】



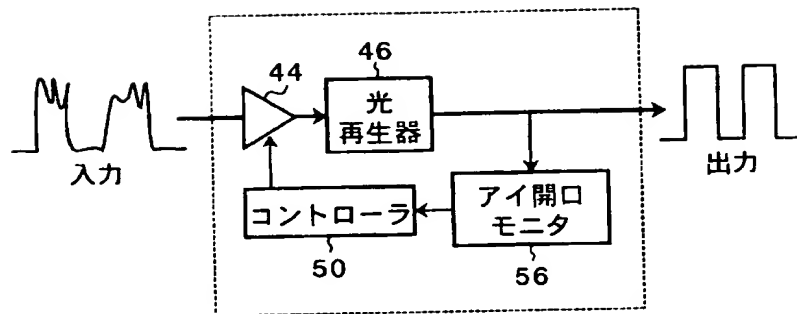
【図 1 0】



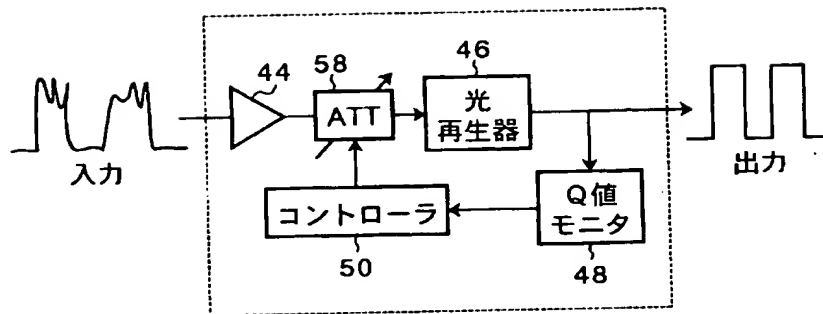
【図 1 1】



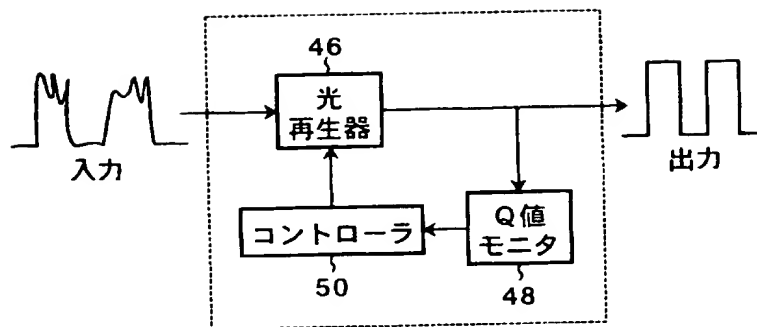
【図 1 2】



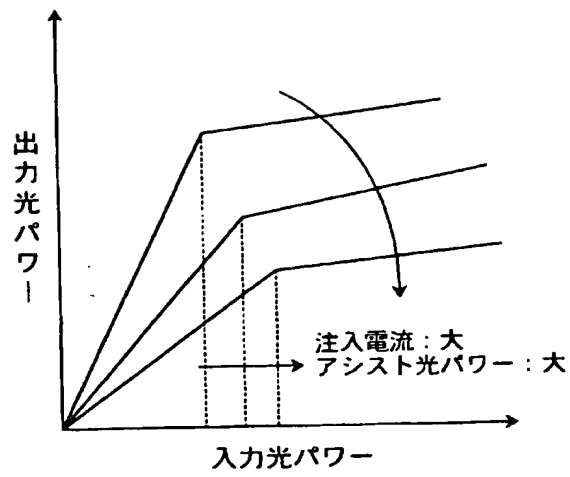
【図 1 3】



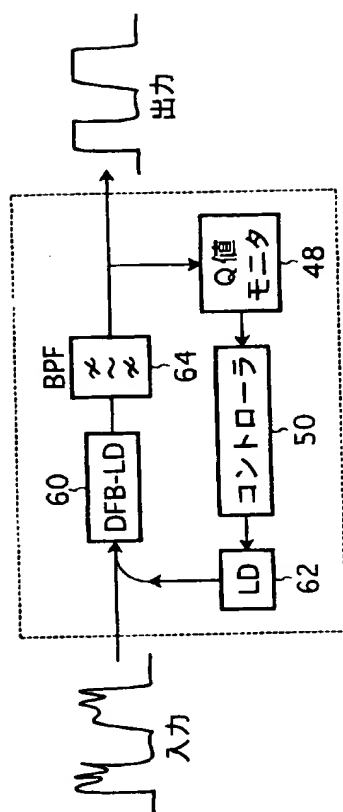
【図 1 4】



【図 1 5】

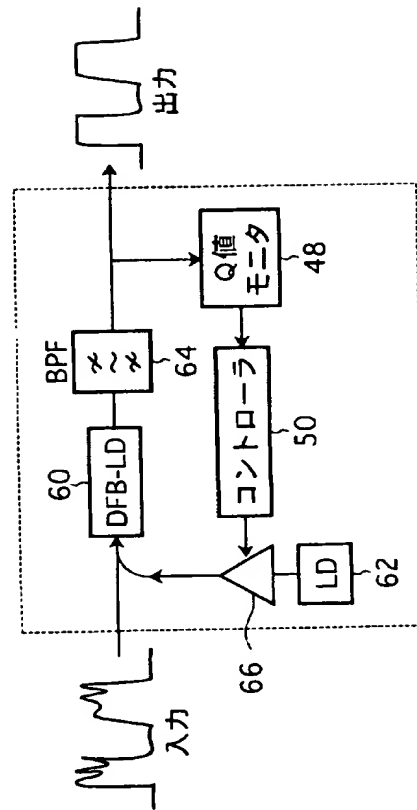


【図 1 6】

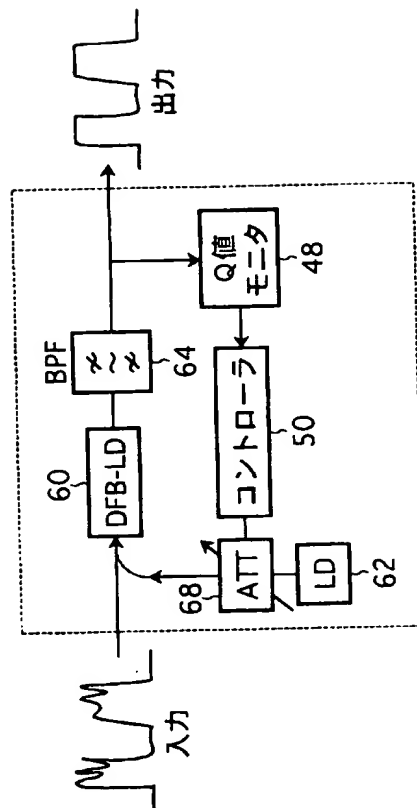




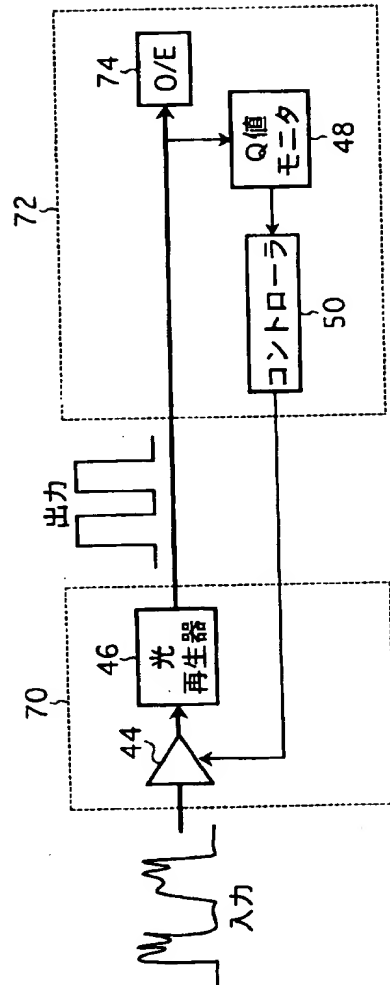
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は信号光を波形整形するための方法及び装置に関し、実質的に最適なしきい値を得ることができ良好な再生動作が可能な方法等を提供することが主な課題である。

【解決手段】 本発明による方法は、入力信号光を波形整形して出力信号光を出力する波形整形器を提供するステップと、出力信号光の品質を測定するステップと、測定された品質が良くなるように入力信号光のパワーを制御するステップとを備えている。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社